

NGHIÊN CỨU ĐẶC TÍNH VỎ HẠT ĐIỀU VÀ ĐỀ XUẤT QUY TRÌNH TRÍCH XUẤT DẦU CNSL

STUDY ON CASHEW NUT SHELL CHARACTERISTICS AND PROPOSE CNSL OIL EXTRACTION PROCESS

Nguyễn Thanh Trương

Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (HCMUT)

TÓM TẮT

Bên cạnh hạt điều, vỏ hạt điều cũng là một sản phẩm có giá trị, không nên xem là một phế phẩm mà là sản phẩm phụ chế biến. Vỏ hạt điều được xem là một nguồn nguyên liệu tái tạo sinh học (renewable bio-materials) đa năng, đặc biệt trong việc ứng dụng chế tạo các vật liệu chức năng (functional materials) và hóa chất thay thế (alternative substances). Tuy vậy, tiềm năng kinh tế và ứng dụng kỹ thuật của nguyên liệu này vẫn còn chưa được khai thác đúng mức không chỉ ở Việt Nam mà cả trên thế giới. Bài báo này thuộc chuỗi các nghiên cứu, đánh giá một cách đầy đủ về kỹ thuật khai thác, xử lý, lưu trữ và sử dụng loại nguyên liệu này. Trong đó, phần thứ nhất trình bày về các đặc tính của vỏ hạt điều và cách thức chiết xuất dầu CNSL (Cashew Nut Shell Liquid) từ vỏ hạt điều, cùng với thiết kế của cụm máy ép có thể được ứng dụng trong công nghiệp. Bên cạnh đó, bã ép sau ép dầu có thể được chế tạo thành các loại vật liệu, phân bón hoặc nhiên liệu đốt với nhiệt trị cao.

Từ khóa: *Vỏ hạt điều; Trích xuất dầu điều; CNSL; Máy ép trục vít; Sinh khối.*

ABSTRACT

Besides cashews, cashew nut shell is also a valuable product, should not be considered a waste product but a by-product of processing. Cashew nut shell is considered a versatile renewable bio-materials source, especially in the application of functional materials and alternative chemicals. However, the economic potential and technical application of this material have not been fully exploited not only in Vietnam but also in the world. This article belongs to a series of studies, fully evaluating techniques for exploitation, processing, storage and use of this material. In particular, the first part presents the characteristics of cashew nut shell and how to extract CNSL (Cashew Nut Shell Liquid) oil from cashew nut shell, along with the design of the press assembly that can be applied in industry. Besides, the oil press residue can be made into materials, fertilizers or fuels with high calorific value.

Keywords: *Cashew nut shell; Cashew oil extraction; CNSL; Screw press; Biomass.*



1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngoài giá trị kinh tế không thể chối cãi của hạt điều, vỏ hạt điều còn là một nguồn thu nhập đáng kể, nó được coi như một loại vật liệu sinh học tái tạo đa năng, đặc biệt trong sản xuất các loại vật liệu chức năng và các chất thay thế (C. S. Ki Lin et al., 2014). Tuy nhiên, tiềm năng kinh tế và các ứng dụng kỹ thuật của nó vẫn chưa được khai thác đầy đủ không chỉ ở Việt Nam mà còn trên toàn cầu.

Nhân hạt điều được bảo vệ bởi một lớp màng (còn gọi là vỏ lụa) và một lớp vỏ cứng ở dạng tổ ong có chứa dầu (Hình 1). Phần vỏ chiếm 2% khối lượng của hạt điều, 70-75% là phần vỏ cứng và phần còn lại là khối lượng của nhân điều. CNSL (Cashew Nut Shell Liquid) là một loại chất lỏng họ dầu chứa trong vỏ cứng có màu nâu sẫm (Hình 2).

Dầu CNSL có thể được chiết xuất từ vỏ hạt điều, phần bã còn lại sau khi chiết xuất CNSL có thể được chế tạo thành vật liệu mới, phân bón hoặc nhiên liệu đốt có nhiệt trị cao.

Ngoài ra, CNSL và các sản phẩm phụ của nó như cardanol đang có nhu cầu trên thị trường châu Á trong các ứng dụng công nghiệp như sản xuất polyme, lớp phủ cách điện và một số tiền chất hóa học. Tại Việt Nam, CNSL và phần vỏ còn lại sau khi chiết CNSL được định giá để sản xuất năng lượng. Nghiên cứu này sẽ làm nổi bật các loại chất thải chế biến hạt điều khác nhau và các ứng dụng của nó.



Hình 1. Cấu trúc vỏ hạt điều



Hình 2. Dầu CNSL đã gạn lọc

Vỏ hạt điều là một dạng sinh khối (biomass), nhưng nó có những đặc điểm khác biệt so với các họ sinh khối khác là nó được chia thành hai sản phẩm phụ: CNSL ở dạng lỏng và bã ở dạng rắn. Do đó, điều quan trọng cần lưu ý là xử lý vỏ hạt điều có nghĩa là xử lý kép: CNSL và bã hạt điều.

Đặc điểm vỏ hạt điều phân biệt vỏ hạt điều với các loại sinh khối khác:

- CNSL là một hỗn hợp của các dẫn xuất phenolic.
- CNSL rất chua và hại da vì các dẫn xuất phenol xâm nhập vào da rất nhanh, gây bỏng da.
- Bã vỏ rất dễ lên men, sinh nhiệt khi chất thành đồng.
- Phần bã của vỏ có chứa CNSL, khi có tác động nhiệt có thể làm cho CNSL bay hơi, gây ô nhiễm không khí và nhiễm độc cho môi trường.

Do những đặc điểm này, các quy trình và giải pháp được lựa chọn để xử lý, bảo quản và sử dụng vỏ hạt điều, CNSL và bã hạt điều cần được nghiên cứu kỹ lưỡng và sửa đổi phù hợp đối với việc sử dụng sinh khối thông thường.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Dữ liệu được sử dụng để phân tích và đề xuất phương án chế biến vỏ hạt điều được thu

thập trong quá trình khảo sát tại các nhà máy chế biến hạt điều và vỏ hạt điều ở Việt Nam, chủ yếu ở khu vực Đồng Nai, Bình Phước và Bình Dương. Tại mỗi địa điểm khảo sát, các câu hỏi, trao đổi với kỹ thuật dịch vụ về kinh nghiệm, những điểm quan trọng cần lưu ý và thông số kỹ thuật.

Có ba loại tài liệu và thông tin được tham chiếu và sử dụng trong bài báo:

- Dữ liệu thực tế của các tin, bài, phóng sự trên các báo chính thống thuộc quản lý của Bộ Thông tin và Truyền thông Việt Nam.
- Các lý thuyết giải pháp và phương pháp kỹ thuật được trích dẫn và sử dụng từ các tài liệu chuyên ngành như: Perry's Chemical Engineering Handbook, Tài liệu giảng dạy môn học Quá trình và Thiết bị của Trường Đại học Bách Khoa Thành phố Hồ Chí Minh - Tập 1, 2, 3 và 4.
- Các bài báo nghiên cứu, sách chuyên khảo đăng trên các tạp chí khoa học chuyên ngành được tham chiếu bởi ISSN và ISBN, theo hệ thống phân loại Scopus và ISI của Thomson Reuters.

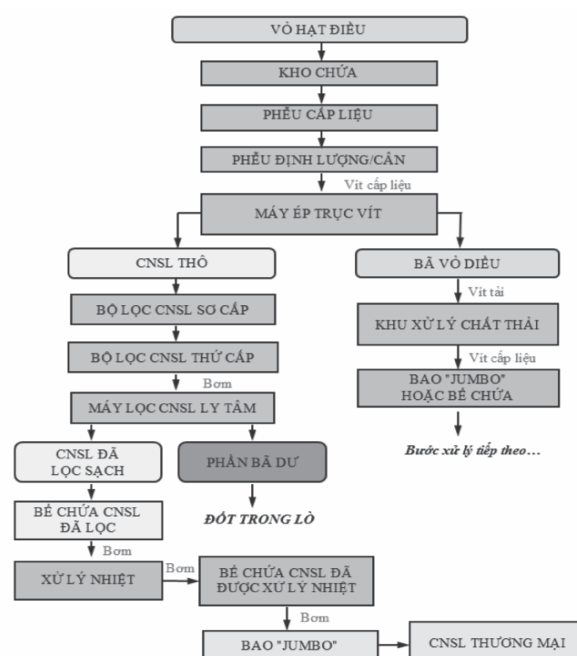
Việc bảo quản vỏ hạt điều sau khi chế đặt ra một số vấn đề, đó là:

- Nguy cơ hỏa hoạn.
- Rủi ro về môi trường: CNSL rất ăn mòn và có hại.
- Bề bộn.

Vỏ hạt điều sau khi thu gom sẽ được xử lý ngay khi đến trung tâm xử lý. Quá trình xử lý bao gồm ép vỏ để chiết xuất CNSL và chất thải sau khi chiết sẽ là bã vỏ hạt điều. Quy trình xử lý được minh họa như Hình 3.

Vỏ sẽ được định lượng trước khi đưa sang hệ thống máy ép trục vít. Tại đầu ra của

hệ thống máy ép trục vít, có hai sản phẩm phụ là: CNSL và bã vỏ. CNSL sẽ được dẫn đến hai bộ lọc, sơ cấp và thứ cấp, được lắp đặt trong hai bể lắng tạm. Tiếp theo, CNSL sẽ được bơm đến hệ thống lọc ly tâm để tách cặn ra khỏi CNSL. Phần bã vỏ sẽ được xử lý riêng theo yêu cầu về kinh tế và môi trường. Sau đó, CNSL sẽ được đồng nhất hóa và tách nước bằng quá trình xử lý nhiệt trong một thời gian nhất định. CNSL sau khi xử lý nhiệt sẽ được làm mát bằng nước và không khí trước khi được lưu trữ trong các bồn chứa và các cặn dầu sẽ được đốt trong lò nung chuyên dụng. CNSL được đóng gói trong các thùng flexi để xuất khẩu hoặc vận chuyển trong các xe tải chuyên dụng để sử dụng nội địa. Sản phẩm phụ thứ hai là bã vỏ hạt điều sẽ được bảo quản trong kho chờ xử lý.



Hình 3. Quy trình xử lý vỏ hạt điều.

3. TRÍCH XUẤT, XỬ LÝ VÀ LƯU TRỮ CNSL

Dầu hạt điều CNSL là một chất lỏng nhờn màu nâu đỏ có tính ăn mòn rất mạnh

được chứa trong các ngăn của vỏ hạt điều, chiếm khoảng 20-23% thể tích của vỏ, nghĩa là khoảng 15% thể tích của hạt. Dầu CNSL chứa nhiều hợp chất phenol mạch thẳng có nhiều ứng dụng công nghiệp (Lin, 2018).

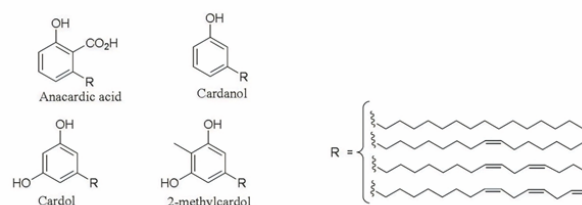
CNSL thu được từ quá trình ép trực vít liên tục và được lưu trữ trong các bồn chứa:

- Mỗi quan tâm hàng đầu của kho chứa CNSL là đảm bảo an toàn cháy nổ, vì CNSL rất dễ cháy.
- Trước khi bảo quản, CNSL phải được xử lý đúng cách để đảm bảo chất lượng không bị biến tính. Nếu CNSL không được xử lý nhiệt để loại bỏ nước và chuyển hóa axit anacardic thành cardanol, theo thời gian các đặc tính của CNSL có thể thay đổi do quá trình lên men và oxy hóa.
- Khi CNSL không được lọc cẩn thận, lớp cặn dưới đáy bể sẽ dày lên theo thời gian.

Vì vậy, cần phải giải quyết các vấn đề đặt ra trong lưu trữ CNSL để đảm bảo chất lượng.

Bốn hợp chất chiếm thành phần lớn nhất của CNSL là: anacardic acid, cardanol, cardol,

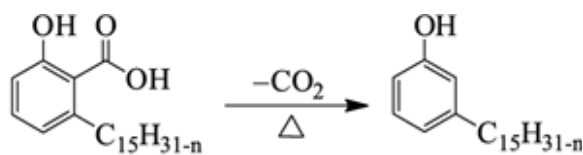
và 2-methylcardol (Hình 4) còn các hợp chất khác được xem như các thành phần nhựa resin hoặc polymer tạp nguồn gốc thực vật. Đây là các dẫn xuất của phenol và polyphenol mà tùy vào phương pháp thu chiết CNSL cũng như nguồn gốc địa phương, thành phần của chúng trong CNSL có thể khác nhau (Bảng 1). Trong 4 hợp chất kể trên, 2-methylcardol rất ít so với 3 chất kia (<1%). Đáng lưu ý là ở nhiệt độ cao, anacardic acid bị decarboxylate tạo thành cardanol (Hình 5) nên khi có tác động nhiệt độ cao từ chế biến, thành phần của CNSL có thể có cardanol và cardol chiếm đến 70-80% CNSL (P. P. Kumar et al., 2002). Cardanol và cardol được xem là hợp chất chính khi nói đến CNSL trong công nghiệp.



Hình 4. Các hợp chất chính trong thành phần của CNSL.

Bảng 1. Thành phần hợp chất chính trong CNSL thu bằng phương pháp có nhiệt độ cao và trích ly thông thường.

Phương pháp thu chiết CNSL	Anacardic Acid	Cardol	Cardanol	2-methyl cardol
Trích ly vỏ điều tươi bằng dung môi	60-65%	15-20%	10%	< 1%
Từ vỏ điều đã rang nóng	n/a	n/a	60-65%	n/a
Giá tham khảo (USD/kg) từ nhà cung cấp				
Kumarasamy Industries	0,54 (CNSL qua chưng cất, chứa 75% cardanol)			
Tai'an Health Chemical Co., Ltd.	(chưa tìm thấy nhà cung cấp số lượng lớn sản phẩm chiết xuất từ CNSL)	2-3 (95%)		n/a (từ CNSL)
Jinan Boss Chemical Industry Co.		50-100 (98%)		
Cashew Chem India	1,2 (CNSL qua chưng cất, chứa 78% cardanol, 8% cardol)			



Anacardic acid

Cardanol

Hình 5. Phản ứng nhiệt phân decarboxylation của anacardic acid tạo thành cardanol (180-200°C).

3.1. Chiết tách dầu CNSL bằng máy ép trực vít

Tại các cơ sở sản xuất hiện nay ở Việt Nam, dầu CNSL thô sau khi ép sẽ được lắng tách trong bồn lọc rồi đưa vào lò đun để tách nước. Phần dầu sau đó được đưa vào bể chứa có cánh khuấy, đun gia nhiệt dầu để bốc hơi nước và phân hủy anacardic acid thành cardanol. Một số nhà máy cũng sử dụng tháp chưng cất chân không để thu cardanol từ CNSL đã xử lý nhiệt.

Về mặt lý thuyết, sau đây là một số phương pháp chiết tách CNSL đã từng được nghiên cứu:

- Phương pháp cơ học: vỏ hạt điều được đưa vào máy ép thủy lực với áp suất ép rất cao nhằm phá vỡ cấu trúc, đẩy CNSL ra khỏi lớp bã rắn. Cách làm này đơn giản, cho phép thu được CNSL với chất lượng cao. Nhưng nhược điểm lớn là một lượng dầu đáng kể sẽ còn lại trong bã (D. J. Garkal, 2014) (A. Chaudhari et al., 2012). Hơi nước nóng có thể được sử dụng để gia tăng hiệu suất ép dầu trong máy ép trực vít và việc làm ướt vỏ điều khiến vỏ mềm hơn cũng được xem là hữu ích (S. Vedharaj et al., 2015).
- Phương pháp nhiệt: việc gia nhiệt cho vỏ điều khiến anacardic acid bị chuyển hóa thành cardanol, nên quy trình này chỉ thích hợp nếu mục đích thu CNSL là nguồn giàu

cardanol. Quá trình chiên vỏ hạt điều để thu dầu được nghiên cứu và ứng dụng khá rộng rãi tại Ấn Độ (D. J. Garkal, 2014), (James Mgay et al., 2019).

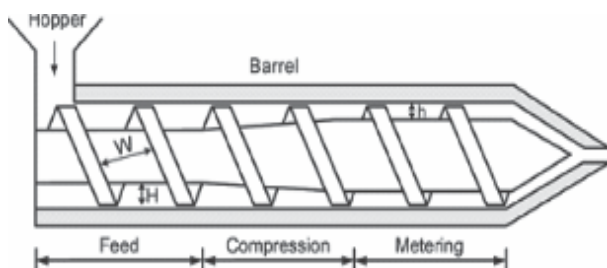
- Phương pháp trích ly dung môi: rất nhiều phương pháp trích ly đa dạng sử dụng nhiều loại dung môi hữu cơ đã được nghiên cứu để thu được dầu CNSL như petroleum ether, hexane, cyclohexane, diethyl ether, ethyl acetate, toluene, ethanol, methanol, acetone, carbon tetrachloride, dichloromethane và chloroform (James Mgay et al., 2019). Việc dùng dung môi cho phép tách được nhiều CNSL hơn khối lớp vỏ điều, tuy nhiên không phù hợp với sản xuất công nghiệp vì giá thành cao, độ an toàn thấp, quy trình phức tạp, và tạp chất lẫn vào sản phẩm. Cải tiến hơn, một số nghiên cứu đã sử dụng hơi nước siêu tới hạn hoặc CO₂ siêu tới hạn để trích ly CNSL. Phương pháp CO₂ siêu tới hạn cho phép trích ly được CNSL mà vẫn giữ nguyên thành phần anacardic acid vì nhiệt độ hệ thống chỉ ở 31,1°C (J. Y. Philip et al, 2008).

Tuy vậy, để sản xuất số lượng lớn, trong thực tế thì phương pháp ép cơ học bằng máy ép trực vít không gia nhiệt là phương pháp phổ biến nhất do hiệu quả, đơn giản. Hơn nữa, sau khi ép cơ học lấy dầu CNSL, bã vỏ điều cũng không hoàn toàn khô kiệt mà còn khoảng 3-4% CNSL sót lại trong cấu trúc vỏ, nên được ưa chuộng làm chất đốt do dễ bắt cháy.

a) Nguyên lý và mục đích

Vỏ điều còn chứa dầu CNSL được nạp vào phễu nạp liệu (hopper) của máy ép trực vít bằng gàu tải, băng tải, hoặc máy xúc thủ công. Máy ép trực vít có cấu trúc thông thường dạng vít xoắn to dần phía cuối ép chặt vào vỏ

ngoài có các lỗ nhỏ tháo dầu (Hình 6). Trục vít được xoay xoắn với moment xoắn rất lớn khiến nguyên liệu liên tục được đùn ra ngoài và dầu bị ép chảy ra khỏi vỏ điều qua vỏ ép có lỗ.



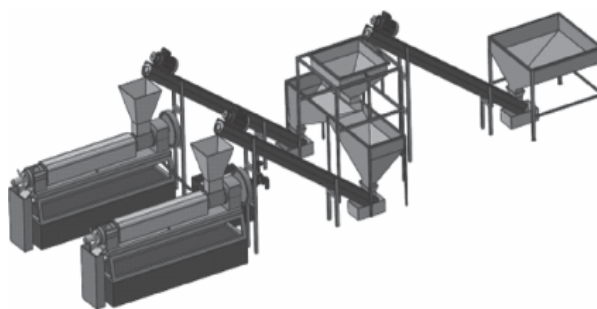
Hình 6. Cấu trúc cơ bản của máy ép trục vít.

b) Các vấn đề kỹ thuật

Máy ép trục vít vỏ điều là thiết bị cơ bản, dễ thiết kế và chế tạo (Hình 7). Tuy vậy, nguyên liệu chế tạo là vấn đề rất cần lưu tâm vì CNSL là chất lỏng có tính ăn mòn acid hữu cơ. CNSL cũng dễ bám dính cùng bụi và các chất bẩn khác làm khu vực sản xuất cũng như thiết bị mất vệ sinh hoặc bị kẹt. Vì vậy, quá trình sản xuất không thể hoàn toàn liên tục mà phải có giai đoạn dừng, nghỉ để bảo dưỡng thiết bị và vệ sinh nhà xưởng.

Dầu CNSL từ máy ép còn mang nhiều cặn nên cần đi qua lưới lọc để loại bỏ cặn lớn, vào bồn chứa thu gom và bơm vào thiết bị lọc ly tâm. Sau cùng, CNSL cũng cần được xử lý nhiệt để thu dầu giàu cardanol cũng như để loại nước.

Thiết bị hoạt động với tải trọng lớn, ép xoắn cường độ cao, vì thế có thể dễ bị nghẹt, hư hỏng. Đơn vị ép CNSL từ vỏ điều cần phải có một xưởng cơ khí phục vụ việc bảo dưỡng và sửa chữa.



Hình 7. Một trạm máy ép dầu CNSL được thiết kế với hệ thống cấp liệu kép.

c) Ưu điểm

- Thiết bị đơn giản, dễ chế tạo, tương đối hiệu quả.

- Sản xuất được khối lượng lớn.

d) Nhược điểm

- Thực tế sản xuất đòi hỏi công tác vệ sinh, an toàn cao. Quá trình vệ sinh có thể cần dùng dung môi.

- Yêu cầu cao về vật liệu chế tạo.

- Cần có xưởng cơ khí phục vụ hậu cần.

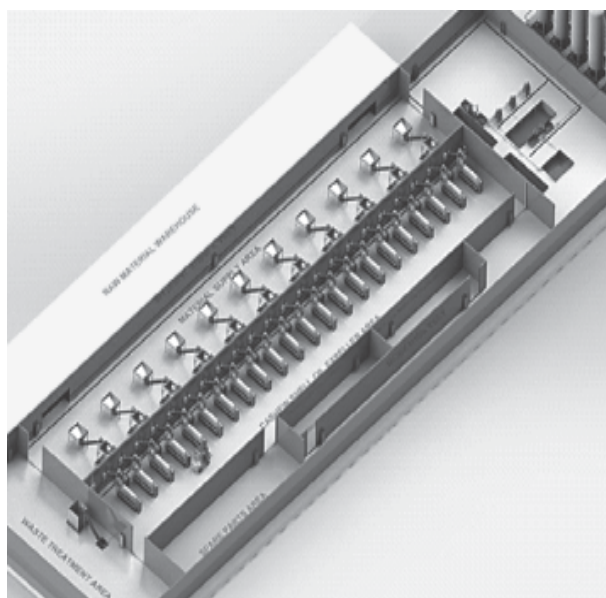
e) Đề xuất giải pháp cụ thể

Thiết bị ép trục vít vỏ hạt điều nên chọn loại có năng suất nhỏ, khoảng trên dưới 01 tấn/giờ. Dùng nhiều thiết bị nhỏ phối hợp thì an toàn hơn dùng ít thiết bị lớn vì giảm mức độ phải dừng hoạt động để sửa chữa, bảo trì.

Nếu một năm hoạt động 310 ngày, một ngày hoạt động 10 tiếng, thì nếu ví dụ một trung tâm cần xử lý khoảng 200 tấn vỏ điều/ngày, số thiết bị cần lắp đặt là 20 máy với năng suất mỗi máy là 01 tấn/giờ (Hình 8).

Các máy được xếp hàng ngang sao cho dầu CNSL được thu gom chảy vào một máng chung, bã vỏ hạt điều được đưa vào cùng băng tải để chuyển sang khu xử lý bã.

Từ máng thu gom, dầu CNSL được chảy vào một bể trung chuyển, đi qua lớp lưới lọc để loại bỏ các bã to. Sau đó, dầu lại được bơm sang bể trữ tạm trước khi bơm đi ly tâm và xử lý hoặc sử dụng sau.



Hình 8. Một nhà máy chiết xuất dầu CNSL được thiết kế hoàn chỉnh.

4. KẾT LUẬN

Việc chiết xuất CNSL từ vỏ hạt điều làm giảm tác hại của nó đối với môi trường. Dầu CNSL là một chất lỏng màu nâu đỏ có tính ăn mòn rất cao chứa trong các ngăn của vỏ điều, và chiếm khoảng 20 đến 23% thể tích của vỏ. Nó chứa nhiều hợp chất phenol mạch thẳng có các ứng dụng công nghiệp khác nhau. Điều này mang lại cho CNSL nhiều giá trị hơn so với vỏ hạt điều trên thị trường quốc tế.

Nghiên cứu này cho thấy chiết xuất

CNSL thu được hai sản phẩm phụ là dầu CNSL và bã nhằm nâng cao giá trị của vỏ điều nguyên liệu. Tỷ lệ vỏ hạt điều từ quá trình chế biến điều, chiếm 53,7% sản lượng chế biến trong nước (1.073.281 tấn), được thu gom và chế biến bởi các nhà máy dành riêng cho việc khai thác CNSL với công suất tối thiểu 200 tấn vỏ điều nguyên liệu/ngày. Hoạt động khai thác của CNSL đòi hỏi thiết bị nặng, nhiều điện và rất ô nhiễm.

Tại Việt Nam, mô hình bao gồm xử lý vỏ để tách CNSL, trước đây đã có một số công ty thử nghiệm và sau đó từ bỏ, và vẫn tiếp tục truyền cảm hứng cho những người khác tích hợp nó vào kế hoạch kinh doanh của họ nhằm mục đích kiếm thêm thu nhập thông qua việc xuất khẩu CNSL ra thị trường quốc tế, đặc biệt là Ấn Độ và các nước châu Phi.

Hoạt động khả thi của thiết bị chiết xuất CNSL trong các điều kiện chất lượng và an toàn được yêu cầu đặt ra một ngưỡng công suất nhất định, như điều kiện ở Việt Nam với công suất trung bình là 200 tấn vỏ/ngày.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này nằm trong dự án tiền khả thi: Thiết kế, xây dựng và vận hành thí điểm trung tâm thu hồi vỏ hạt điều (CVC) tại Yamoussoukro, Bờ Biển Ngà được thực hiện bởi nhóm nghiên cứu thuộc Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh. Chúng tôi xin cảm ơn Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh đã hỗ trợ thời gian, phương tiện và cơ sở vật chất cho nghiên cứu này. ❖

Ngày nhận bài: 05/5/2022

Ngày phản biện: 23/5/2022



Tài liệu tham khảo:

- [1]. C. S. Ki Lin, L. A. Pfaltzgra, L. Herrero-Davila, E. B., Mubofu, S. Abderrahim, J. H. Clark, A. A. Koutinas, N., Kopsahelis, K. Stamatelatos, F. Dickson, S. T., & Z. Mohamed, R. Brocklesby, R. L. (2014); *No Title. Energy Environ. Sci.*, 4, 426.
- [2]. Lin, C. S. K. (2018); *Chemistry and Chemical Technologies in Waste Valorization. Springer.*
- [3]. P. P. Kumar, R. Paramashivappa, P. J. Vithayathil, P. V., & Subba Rao, A. S. R. (2002); *Process for Isolation of Cardanol From Technical Cashew (Anacardium Occidentale L.) Nut Shell Liquid. J. Agric. Food. Chem.*, 50, 4705.
- [4]. D. J. Garkal, R. B. (2014); *Review on extraction and isolation of cashew nut shell liquid. IJERT.*, 1, 1.
- [5]. A. Chaudhari, N. J. Thakor, D. M. Mahale, P. M., & Haldankar, S. P. S. (2012); *Physical Properties of Cashew Nut Shell Liquid. IJAEM.*, 1(172).
- [6]. S. Vedharaj, R. Vallinayagam, W. M. Yang, S. K. Chou, K. J. E. C. & P. S. L. (2015); *Performance Emission and Economic Analysis of Preheated CNSL Biodiesel as an Alternate Fuel for a Diesel Engine. International Journal of Green Energy*, 12, 359.
- [7]. S. Vedharaj, R. Vallinayagam, W. M. Yang, S. K. Chou, K., & J. Chua, P. S. L. (2014); *Experimental and finite element analysis of a coated diesel engine fueled by cashew nut shell liquid biodiesel. Experimental Thermal and Fluid Science*, 53, 259.
- [8]. James Mgay, Ginena B. Shombe, Siphamandla C. Masikane, Sixberth Mlowe, Egid B. Mubofuc, N. R. (2019); *Green Chemistry. Green Chemistry*, In Publis. <https://doi.org/10.1039/C8GC02972E>.
- [9]. J. Y. Philip, J. Da Cruz Francisco, E. S. Dey, J., & Buchweishaija, L. L. Mkayula, L. Y. (2008); *Isolation of Anacardic Acid from Natural Cashew Nut Shell Liquid (CNSL) Using Supercritical Carbon Dioxide. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 9350.